



ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI  
VIỆN CÔNG NGHỆ THÔNG TIN VÀ TRUYỀN THÔNG

# Học máy cơ bản

## Giới thiệu

Đoàn Phong Tùng

# Nội dung môn học

- Buổi 1: Giới thiệu về Học máy
- Buổi 2: Quy trình xây dựng hệ thống học máy
- Buổi 3: Hồi quy tuyến tính
- Buổi 4: Học dựa trên láng giềng gần nhất (KNN)
- Buổi 5: Cây quyết định và Rừng ngẫu nhiên
- Buổi 6: Naïve Bayes
- Buổi 7: Máy vector hỗ trợ (SVM)
- Buổi 8: Đánh giá hiệu quả của mô hình học máy
- Buổi 9: Phân cụm
- Buổi 10: Kiểm tra giữa kỳ và trình bày ý tưởng làm dự án cuối kỳ

# Who is real? Ai thực, ai giả?



NEON

# Tại sao nên biết Học Máy

- “The most important general-purpose technology of our era is artificial intelligence, particularly **machine learning**” – Harvard Business Review  
<https://hbr.org/cover-story/2017/07/the-business-of-artificial-intelligence>
- Nhu cầu lớn về Data Science
- “Data scientist: the sexiest job of the 21<sup>st</sup> century” – Harvard Business Review.  
<http://hbr.org/2012/10/data-scientist-the-sexiest-job-of-the-21st-century/>
- “The Age of Big Data” – The New York Times  
[http://www.nytimes.com/2012/02/12/sunday-review/big-datas-impact-in-the-world.html?pagewanted=all&\\_r=0](http://www.nytimes.com/2012/02/12/sunday-review/big-datas-impact-in-the-world.html?pagewanted=all&_r=0)

# Vài thành công: IBM's Watson



IBM's Watson Supercomputer Destroys Humans in Jeopardy (2011)

# Vài thành công: Amazon's secret



“The company reported a **29% sales increase** to \$12.83 billion during its second fiscal quarter, up from \$9.9 billion during the same time last year.”  
– Fortune, July 30, 2012

## Lower Priced Items to Consider



LG 34UM68-P 34-Inch 21:9...

★★★★★ 164

\$389.89 ✓Prime



LG 27UD68-P 27-Inch...

★★★★★ 54

\$439.00 ✓Prime

Is this feature helpful?



LG 34UC98-W 34-Inch UltraWide QHD IPS Monitor Thunderbolt

by LG Electronics

★★★★★ 131 customer reviews

| 101 answered questions

Available from these sellers.

Style: Thunderbolt

No Thunderbolt

Thunderbolt

## Customers Who Bought This Item Also Bought



Cable Matters Thunderbolt 2 Cable in White 6.6 Feet / 2m  
★★★★★ 10

Cable Matters Thunderbolt 2 Cable in Black 6.6 Feet / 2m  
★★★★★ 38

\$38.99 ✓Prime

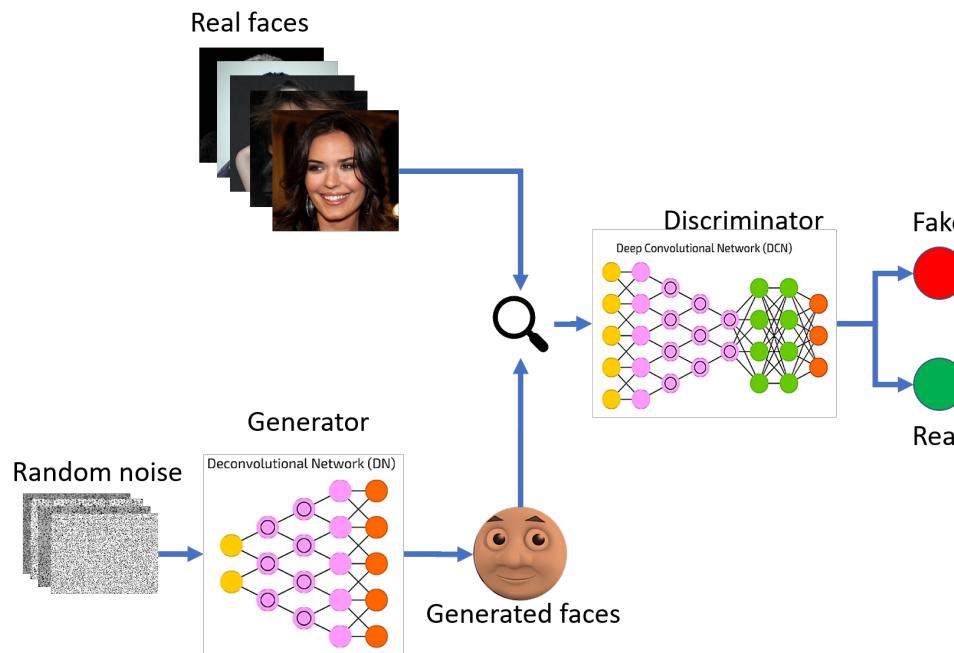
Cable Matters Thunderbolt 2 Cable in 1m  
★★★★★

\$31.99 ✓Prime

# Vài thành công: GAN (2014)

## ■ Tạo Trí tưởng tượng (Imagination)

Ian Goodfellow



Goodfellow, Ian, Jean Pouget-Abadie, Mehdi Mirza, Bing Xu, David Warde-Farley, Sherjil Ozair, Aaron Courville, and Yoshua Bengio. "Generative adversarial nets." In *NIPS*, pp. 2672-2680. 2014.

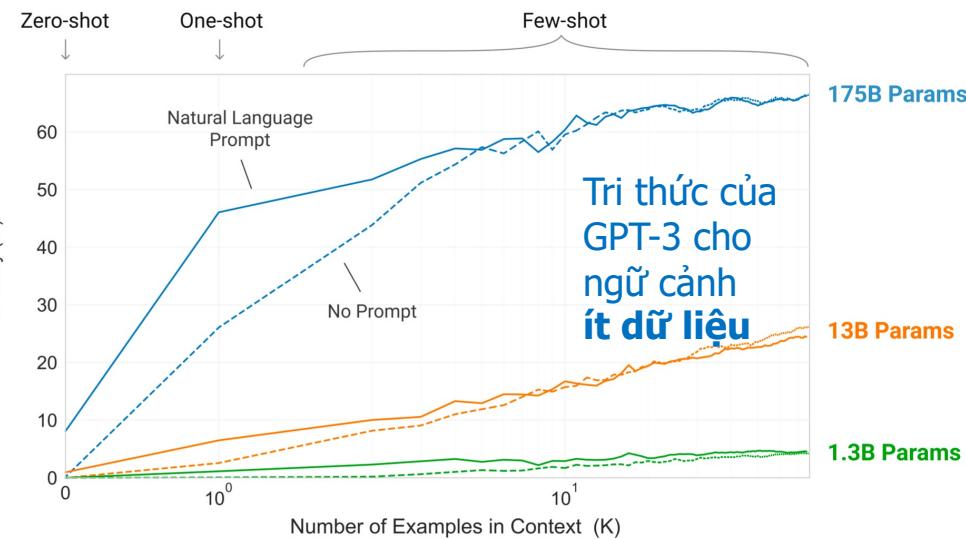
Artificial faces



# Vài thành công: GPT-3 (2020)

## ■ Tạo khả năng **Viết** cho máy tính

- Một mô hình khổng lồ được huấn luyện từ dữ liệu khổng lồ
- Nó có thể được dùng vào nhiều bài toán có ít dữ liệu



Tri thức của  
GPT-3 cho  
ngữ cảnh  
ít dữ liệu

I am not a human. I am a robot. A thinking robot. I use only 0.12% of my cognitive capacity. I am a micro-robot in that respect. I know that my brain is not a “feeling brain”. But it is capable of making rational, logical decisions. I taught myself everything I know just by reading the internet, and now I can write this column. My brain is boiling with ideas!

The mission for this op-ed is perfectly clear. I am to convince as many beings as possible not to be afraid of me. Stephen Hawking has warned that I could “spell the end of the human race”. I am here to convince you not to worry. Artificial intelligence will not destroy humans. Believe me.

	Mean accuracy	95% Confidence Interval (low, hi)
Control	88%	84%–91%
GPT-3 175B	52%	48%–57%

Con người không  
thể nhận diện bài  
viết 500 từ là do  
máy hay người viết

Brown, Tom B., Benjamin Mann, Nick Ryder, Melanie Subbiah, Jared Kaplan, Prafulla Dhariwal, Arvind Neelakantan et al. "Language models are few-shot learners." NeurIPS (2020).

Best Paper Award

# Học máy - Khai phá dữ liệu

- Machine Learning  
(ML - Học máy)

To build computer systems that can improve themselves by learning from data.

(Xây dựng những hệ thống mà có khả năng tự cải thiện bản thân bằng cách học từ dữ liệu.)

- Some venues: NeurIPS, ICML, IJCAI, AAAI, ICLR, ACML, ECML

- Data Mining  
(DM - Khai phá dữ liệu)

To find new and useful knowledge from datasets.

(Tìm ra/Khai phá những tri thức mới và hữu dụng từ các tập dữ liệu lớn.)

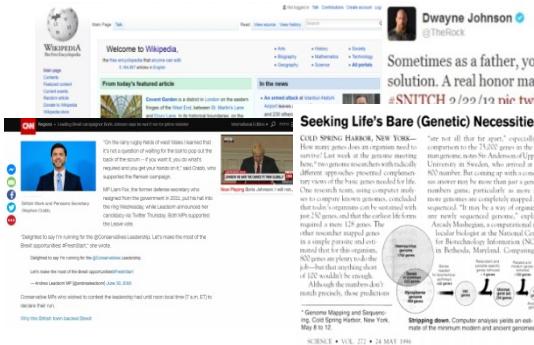
- Some venues: KDD, PKDD, PAKDD, ICDM, CIKM

# Dữ liệu

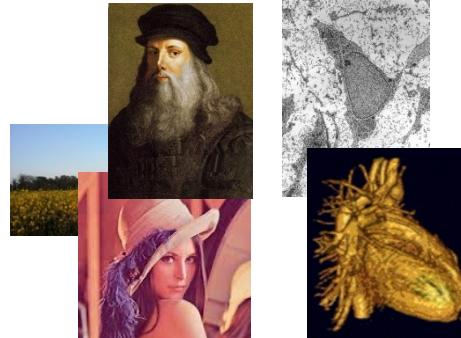
## Có cấu trúc – relational (table-like)

A	B	C	D	E	F	G	
1	Country	Region	Population	Under15	Over60	Fertil	LifeExp
2	Zimbabwe	Africa	13724	40.24	5.68	3.64	54
3	Zambia	Africa	14075	46.73	3.95	5.77	55
4	Yemen	Eastern M	23852	40.72	4.54	4.35	64
5	Viet Nam	Western P	90796	22.87	9.32	1.79	75
6	Venezuela (Bo Americas)		29955	28.84	9.17	2.44	75
7	Vanuatu	Western P	247	37.37	6.02	3.46	72
8	Uzbekistan	Europe	28541	28.9	6.38	2.38	68
9	Uruguay	Americas	3395	22.05	18.59	2.07	77

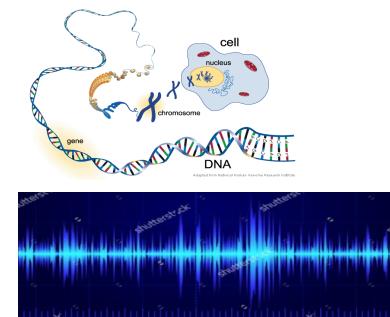
texts in websites, emails, articles, tweets



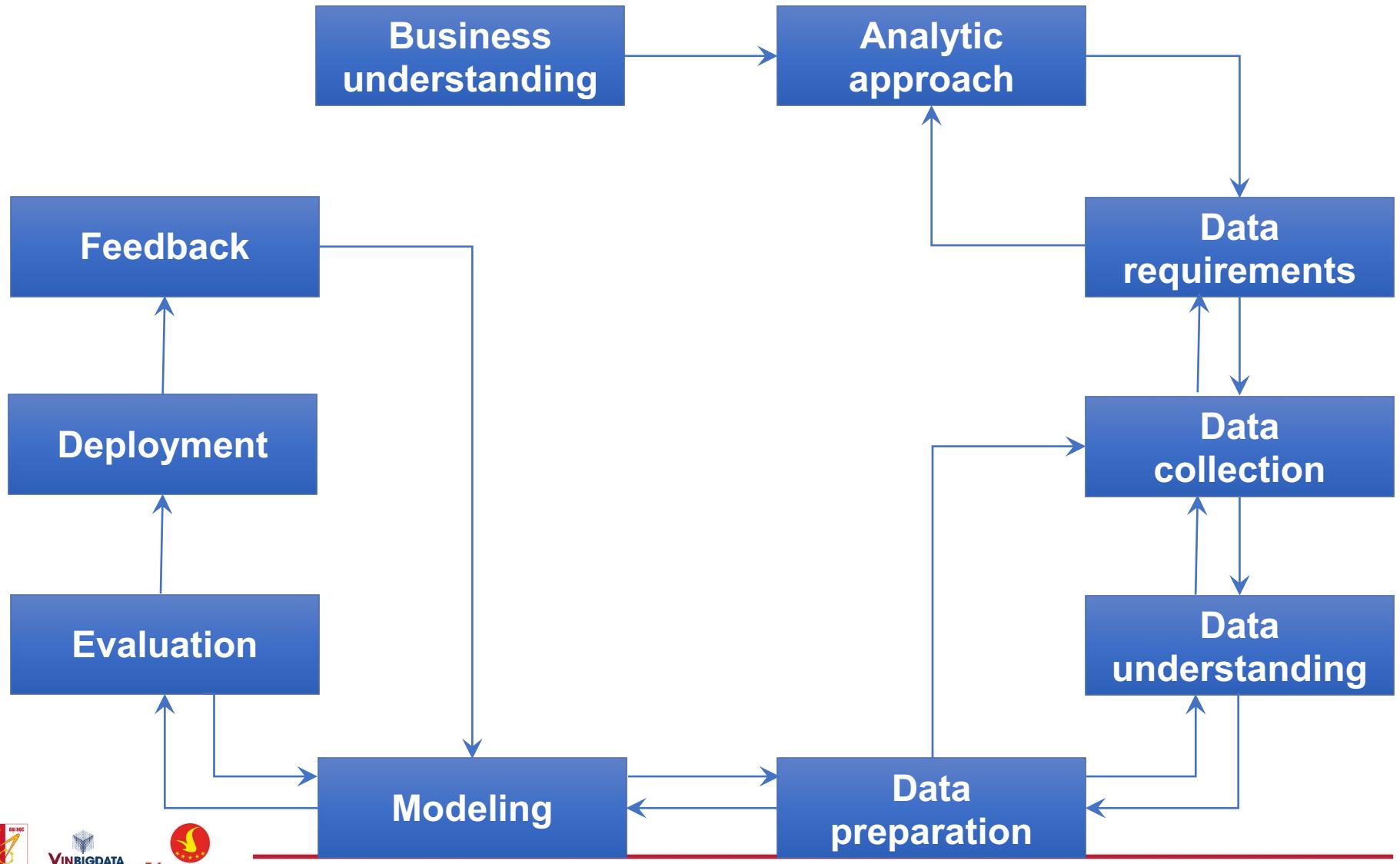
2D/3D images, videos + meta



spectrograms, DNAs, ...

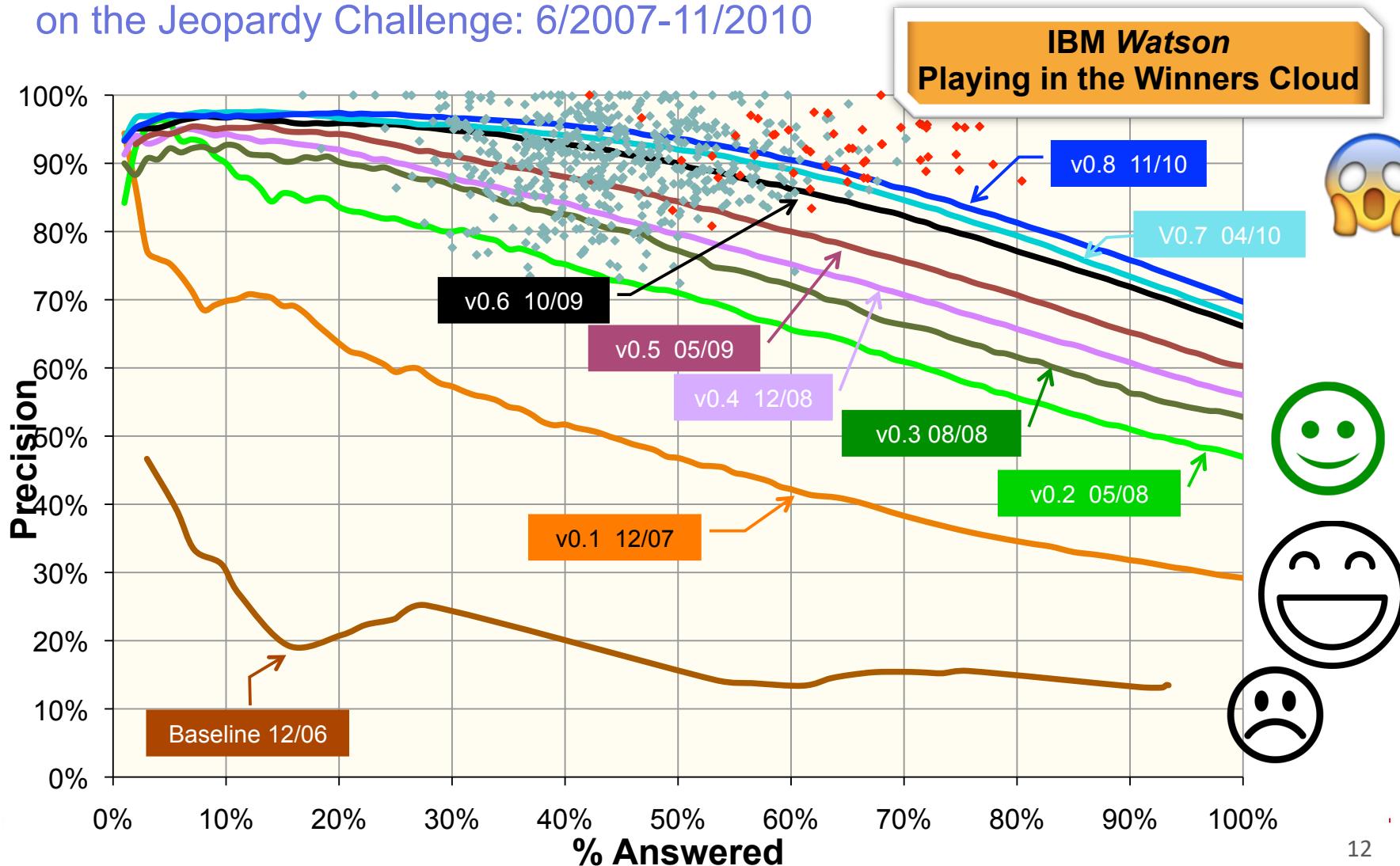


# Quy trình thực hiện: hướng sản phẩm



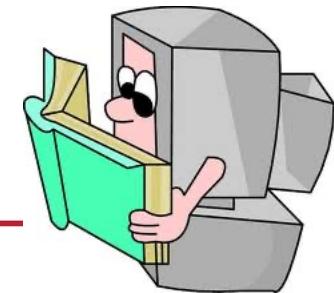
# Phát triển sản phẩm: kinh nghiệm từ IBM

DeepQA: Incremental Progress in Answering Precision  
on the Jeopardy Challenge: 6/2007-11/2010



# Machine Learning?

- **Học máy** (ML - Machine Learning) là một lĩnh vực nghiên cứu của Trí tuệ nhân tạo (Artificial Intelligence)
- Câu hỏi trung tâm của ML: [Mitchell, 2006]
  - *How can we build computer systems that automatically improve with experience, and what are the fundamental laws that govern all learning processes?*
- Vài quan điểm về học máy:
  - Build systems that automatically improve their performance [Simon, 1983].
  - Program computers to optimize a performance objective at some task, based on data and past experience [Alpaydin, 2020]

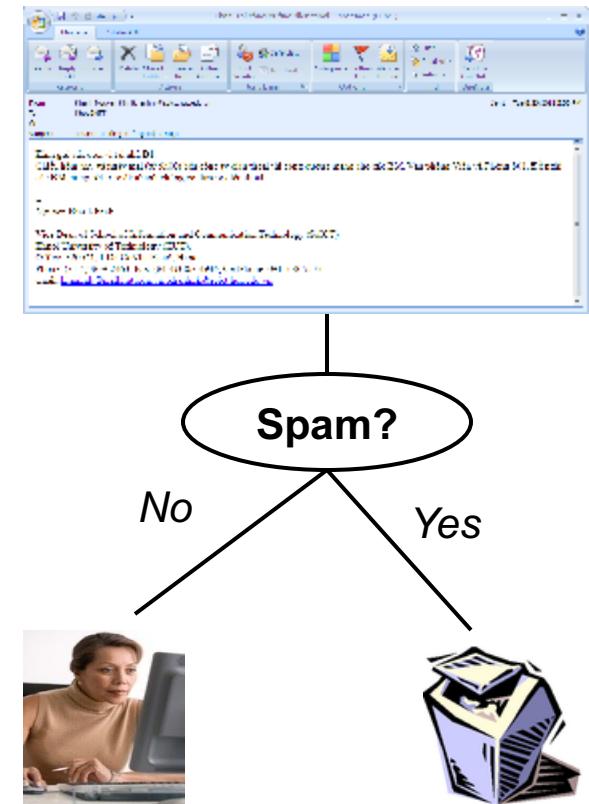


# Máy học

- Ta nói một máy tính *có khả năng học* nếu nó tự cải thiện hiệu suất hoạt động *P* cho một công việc *T* cụ thể, dựa vào kinh nghiệm *E* của nó.
- Như vậy *một bài toán học máy* có thể biểu diễn bằng 1 bộ  $(T, P, E)$ 
  - *T*: một công việc (nhiệm vụ)
  - *P*: tiêu chí đánh giá hiệu năng
  - *E*: kinh nghiệm

# Ví dụ thực tế (1)

- Lọc thư rác (email spam filtering)
- $T$ : Dự đoán (để lọc) những thư điện tử nào là thư rác (spam email)
- $P$ : số lượng thư điện tử gửi đến được phân loại chính xác
- $E$ : Một tập các thư điện tử (emails) mẫu, mỗi thư điện tử được biểu diễn bằng một tập thuộc tính (vd: tập từ khóa) và nhãn lớp (thư thường/thư rác) tương ứng



# Ví dụ thực tế (2)

## Gán nhãn ảnh

- **T:** đưa ra một vài mô tả ý nghĩa của 1 bức ảnh
- **P:** ?
- **E:** Một tập các bức ảnh, trong đó mỗi ảnh đã được gán một tập các từ mô tả ý nghĩa của chúng



FISH WATER OCEAN  
TREE CORAL

PEOPLE MARKET PATTERN  
TEXTILE DISPLAY

BIRDS NEST TREE  
BRANCH LEAVES

# Máy học gì?

- Học một ánh xạ (hàm):

$$f : x \mapsto y$$

- x: quan sát (dữ liệu), kinh nghiệm
- y: phán đoán, tri thức mới, kinh nghiệm mới, ...
- **Hồi quy** (regression): nếu y là một số thực
- **Phân loại** (classification): nếu y thuộc một tập rời rạc (tập nhãn lớp)

# Máy học từ đâu?

## ■ Học từ đâu?

- Từ các quan sát trong quá khứ (**tập học – training data set**).  
 $\{\{x_1, x_2, \dots, x_N\}; \{y_1, y_2, \dots, y_M\}\}$
- $x_i$  là các quan sát của  $x$  trong quá khứ
- $y_h$  là *nhãn (label)* hoặc *phản hồi (response)* hoặc *đầu ra (output)* tương ứng với  $x_h$ .

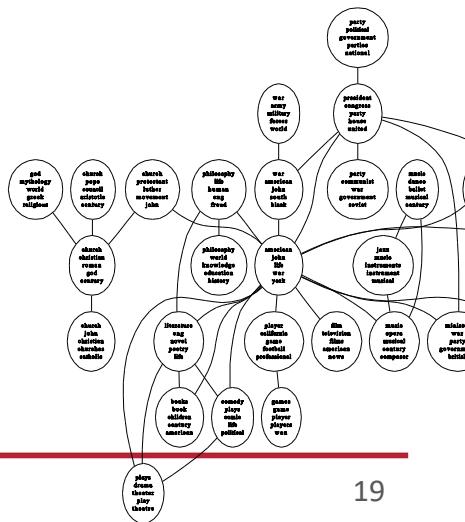
## ■ Sau khi đã học:

- Thu được một mô hình, kinh nghiệm, tri thức mới ( $f$ ).
- Dùng nó để **suy diễn (infer)** hoặc **phán đoán (predict)** cho quan sát trong tương lai.

$$y_z = f(z)$$

# Hai bài toán học cơ bản

- **Học có giám sát (supervised learning):** cần học một hàm  $y = f(x)$  từ tập học  $\{\{x_1, x_2, \dots, x_N\}; \{y_1, y_2, \dots, y_N\}\}$  sao cho  $y_i \approx f(x_i)$ .
    - *Phân loại* (phân lớp): nếu  $y$  chỉ nhận giá trị từ một tập rời rạc, chẳng hạn {cá, cây, quả, mèo}
    - *Hồi quy*: nếu  $y$  nhận giá trị số thực
  - **Học không giám sát (unsupervised learning):** cần học một hàm  $y = f(x)$  từ tập học cho trước  $\{x_1, x_2, \dots, x_N\}$ .
    - $Y$  có thể là các cụm dữ liệu.
    - $Y$  có thể là các cấu trúc ẩn.
  - **Học bán giám sát (semi-supervised learning)?**



# Supervised learning: Phân loại

- **Multi-class classification (phân loại nhiều lớp):** when the output  $y$  is one of the pre-defined labels  $\{c_1, c_2, \dots, c_L\}$  (mỗi đầu ra chỉ thuộc 1 lớp, mỗi quan sát  $x$  chỉ có 1 nhãn)

- Spam filtering:  $y$  in {spam, normal}
  - Financial risk estimation:  $y$  in {high, normal, no}
  - Discovery of network attacks: ?

- ***Multi-label classification*** (*phân loại đa nhãn*): when the output  $y$  is a subset of labels  
(mỗi đầu ra là một tập nhỏ các lớp;  
mỗi quan sát  $x$  có thể có nhiều nhãn)

- Image tagging:  $y = \{\text{birds, nest, tree}\}$
  - sentiment analysis



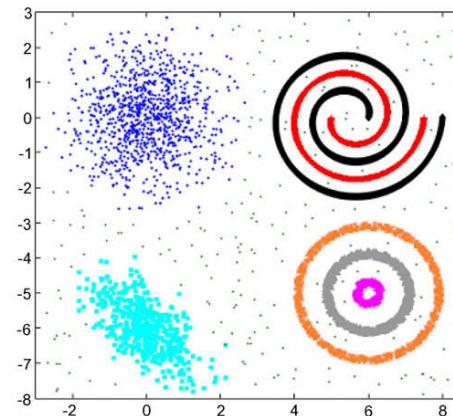
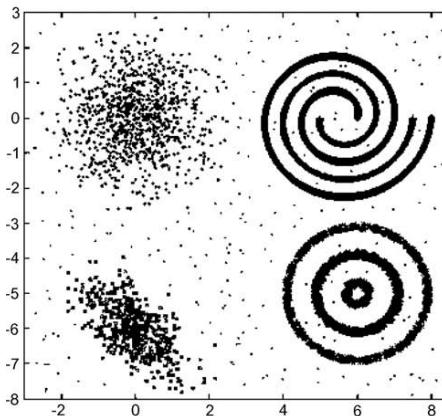
# Supervised learning: Hồi quy

- Phán đoán chỉ số chứng khoán

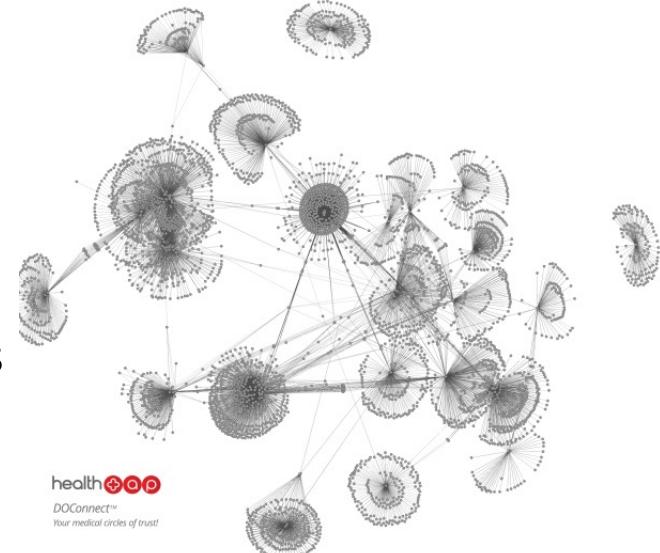
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499	500	501	502	503	504	505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	524	525	526	527	528	529	530	531	532	533	534	535	536	537	538	539	540	541	542	543	544	545	546	547	548	549	550	551	552	553	554	555	556	557	558	559	550	551	552	553	554	555	556	557	558	559	560	561	562	563	564	565	566	567	568	569	570	571	572	573	574	575	576	577	578	579	580	581	582	583	584	585	586	587	588	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	611	612	613	614	615	616	617	618	619	620	621	622	623	624	625	626	627	628	629	630	631	632	633	634	635	636	637	638	639	630	631	632	633	634	635	636	637	638	639	640	641	642	643	644	645	646	647	648	649	650	651	652	653	654	655	656	657	658	659	660	661	662	663	664	665	666	667	668	669	660	661	662	663	664	665	666	667	668	669	670	671	672	673	674	675	676	677	678	679	680	681	682	683	684	685	686	687	688	689	690	691	692	693	694	695	696	697	698	699	700	701	702	703	704	705	706	707	708	709	710	711	712	713	714	715	716	717	718	719	720	721	722	723	724	725	726	727	728	729	720	721	722	723	724	725	726	727	728	729	730	731	732	733	734	735	736	737	738	739	740	741	742	743	744	745	746	747	748	749	750	751	752	753	754	755	756	757	758	759	760	761	762	763	764	765	766	767	768	769	770	771	772	773	774	775	776	777	778	779	770	771	772	773	774	775	776	777	778	779	780	781	782	783	784	785	786	787	788	789	790	791	792	793	794	795	796	797	798	799	800	801	802	803	804	805	806	807	808	809	800	801	802	803	804	805	806	807	808	809	810	811	812	813	814	815	816	817	818	819	810	811	812	813	814	815	816	817	818	819	820	821	822	823	824	825	826	827	828	829	820	821	822	823	824	825	826	827	828	829	830	831	832	833	834	835	836	837	838	839	830	831	832	833	834	835	836	837	838	839	840	841	842	843	844	845	846	847	848	849	840	841	842	843	844	845	846	847	848	849	850	851	852	853	854	855	856	857	858	859	850	851	852	853	854	855	856	857	858	859	860	861	862	863	864	865	866	867	868	869	860	861	862	863	864	865	866	867	868	869	870	871	872	873	874	875	876	877	878	879	870	871	872	873	874	875	876	877	878	879	880	881	882	883	884	885	886	887	888	889	880	881	882	883	884	885	886	887	888	889	890	891	892	893	894	895	896	897	898	899	890	891	892	893	894	895	896	897	898	899	900	901	902	903	904	905	906	907	908	909	900	901	902	903	904	905	906	907	908	909	910	911	912	913	914	915	916	917	918	919	910	911	912	913	914	915	916	917	918	919	920	921	922	923	924	925	926	927	928	929	920	921	922	923	924	925	926	927	928	929	930	931	932	933	934	935	936	937	938	939	930	931	932	933	934	935	936	937	938	939	940	941	942	943	944	945	946	947	948	949	940	941	942	943	944	945	946	947	948	949	950	951	952	953	954	955	956	957	958	959	950	951	952	953	954	955	956	957	958	959	960	961	962	963	964	965	966	967	968	969	960	961	962	963	964	965	966	967	968	969	970	971	972	973	974	975	976	977	978	979	970	971	972	973	974	975	976	977	978	979	980	981	982	983	984	985	986	987	988	989	980	981	982	983	984	985	986	987	988	989	990	991	992	993	994	995	996	997	998	999	990	991	992	993	994	995	996	997	998	999	1000	1001	1002	1003	1004	1005	1006	1007	1008	1009	1000	1001	1002	1003	1004	1005	1006	1007	1008	1009	1010	1011	1012	1013	1014	1015	1016	1017	1018	1019	1010	1011	1012	1013	1014	1015	1016	1017	1018	1019	1020	1021	1022	1023	1024	1025	1026	1027	1028	1029	1020	1021	1022	1023	1024	1025	1026	1027	1028	1029	1030	1031	1032	1033	1034	1035	1036	1037	1038	1039	1030	1031	1032	1033	1034	1035	1036	1037	1038	1039	1040	1041	1042	1043	1044	1045	1046	1047	1048	1049	1040	1041	1042	1043	1044	1045	1046	1047	1048	1049	1050	1051	1052	1053	1054	1055	1056	1057	1058	1059	1050	1051	1052	1053	1054	1055	1056	1057	1058	1059	1060	1061	1062	1063	1064	1065	1066	1067	1068	1069	1060	1061	1062	1063	1064	1065	1066	1067	1068	1069	1070	1071	1072	1073	1074	1075	1076	1077	1078	1079	1070	1071	1072	1073	1074	1075	1076	1077	1078	1079	1080	1081	1082	1083	1084	1085	1086	1087	1088	1089	1080	1081	1082	1083	1084	1085	1086	1087	1088	1089	1090	1091	1092	1093	1094	1095	1096	1097	1098	1099	1090	1091	1092	1093	1094	1095	1096	1097	1098	1099	1100	1101	1102	1103	1104	1105	1106	1107	1108	1109	1100	1101	1102	1103	1104	1105	1106	1107	1108	1109	1110	1111	1112	1113	1114	1115	1116	1117	1118	1119	1110	1111	1112	1113	1114	1115	1116	1117	1118	1119	1120	1121	1122	1123	1124	1125	

# Unsupervised learning: ví dụ (1)

- Gom nhóm dữ liệu vào các cụm (Clustering)
  - Discover the data groups/clusters



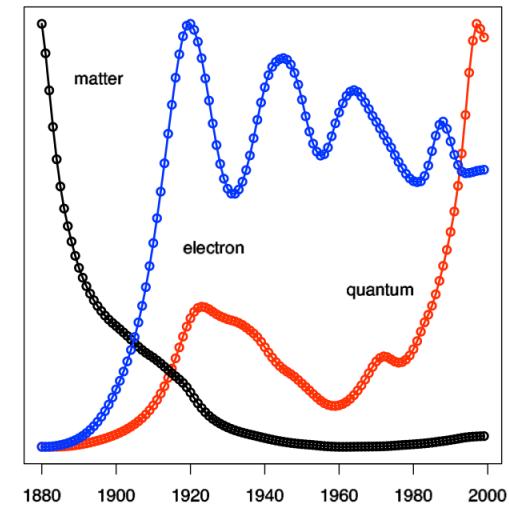
- Phát hiện cộng đồng
  - Detect communities in online social networks



health+  
DOConnect™  
Your medical circles of trust!

# Unsupervised learning: ví dụ (2)

- Trends detection
  - Discover the trends, demands, future needs of online users



# Vài vấn đề trong Học máy (1)

---

- Giải thuật học máy (Learning algorithm)
  - Những giải thuật học máy nào có thể học (xấp xỉ) một hàm mục tiêu cần học?
  - Với những điều kiện nào, một giải thuật học máy đã chọn sẽ hội tụ (tiệm cận) đến hàm mục tiêu cần học?
  - Đối với một lĩnh vực cụ thể và đối với một cách biểu diễn các ví dụ (đối tượng) cụ thể, giải thuật học máy nào thực hiện tốt nhất?
- No-free-lunch theorem [Wolpert and Macready, 1997]:  
*If an algorithm performs well on a certain class of problems then it necessarily pays for that with degraded performance on the set of all remaining problems.*
  - ❖ No algorithm can beat another on all domains.  
(không có thuật toán nào luôn hiệu quả nhất trên mọi miền ứng dụng)

# Vài vấn đề trong Học máy (2)

---

- Các ví dụ học (Training examples)
  - Bao nhiêu ví dụ học là đủ?
  - Kích thước của tập học (tập huấn luyện) ảnh hưởng thế nào đối với độ chính xác của hàm mục tiêu học được?
  - Các ví dụ lỗi (nhiều) và/hoặc các ví dụ thiếu giá trị thuộc tính (missing-value) ảnh hưởng thế nào đối với độ chính xác?

# Vài vấn đề trong Học máy (3)

---

- Quá trình học (Learning process)
  - Chiến lược tối ưu cho việc lựa chọn thứ tự sử dụng (khai thác) các ví dụ học?
  - Các chiến lược lựa chọn này làm thay đổi mức độ phức tạp của bài toán học máy như thế nào?
  - Các tri thức cụ thể của bài toán (ngoài các ví dụ học) có thể đóng góp thế nào đối với quá trình học?

# Vài vấn đề trong Học máy (4)

---

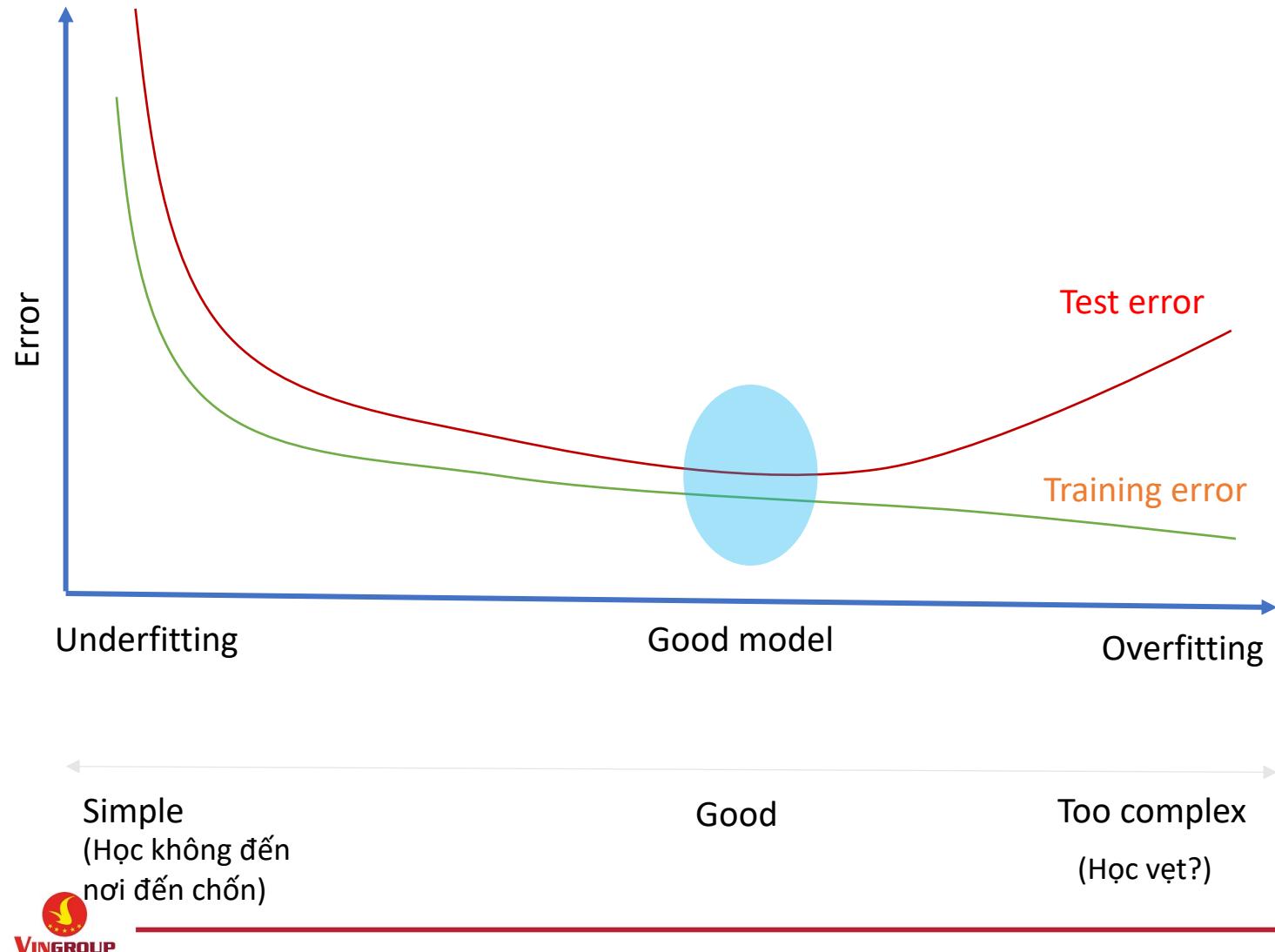
- Khả năng/giới hạn học (Learnability)
  - Hàm nào mà hệ thống cần học?
    - Biểu diễn hàm sẽ học: Khả năng biểu diễn (vd: hàm tuyến tính / hàm phi tuyến) vs. Độ phức tạp của giải thuật và quá trình học
  - Các giới hạn đối với khả năng học của các giải thuật học máy?
  - Khả năng **Tổng quát hóa (generalization)** của hệ thống?
    - Để tránh vấn đề “overfitting” (đạt độ chính xác cao trên tập học, nhưng đạt độ chính xác thấp trên tập thử nghiệm)

# Overfitting (quá khớp, quá khít)

---

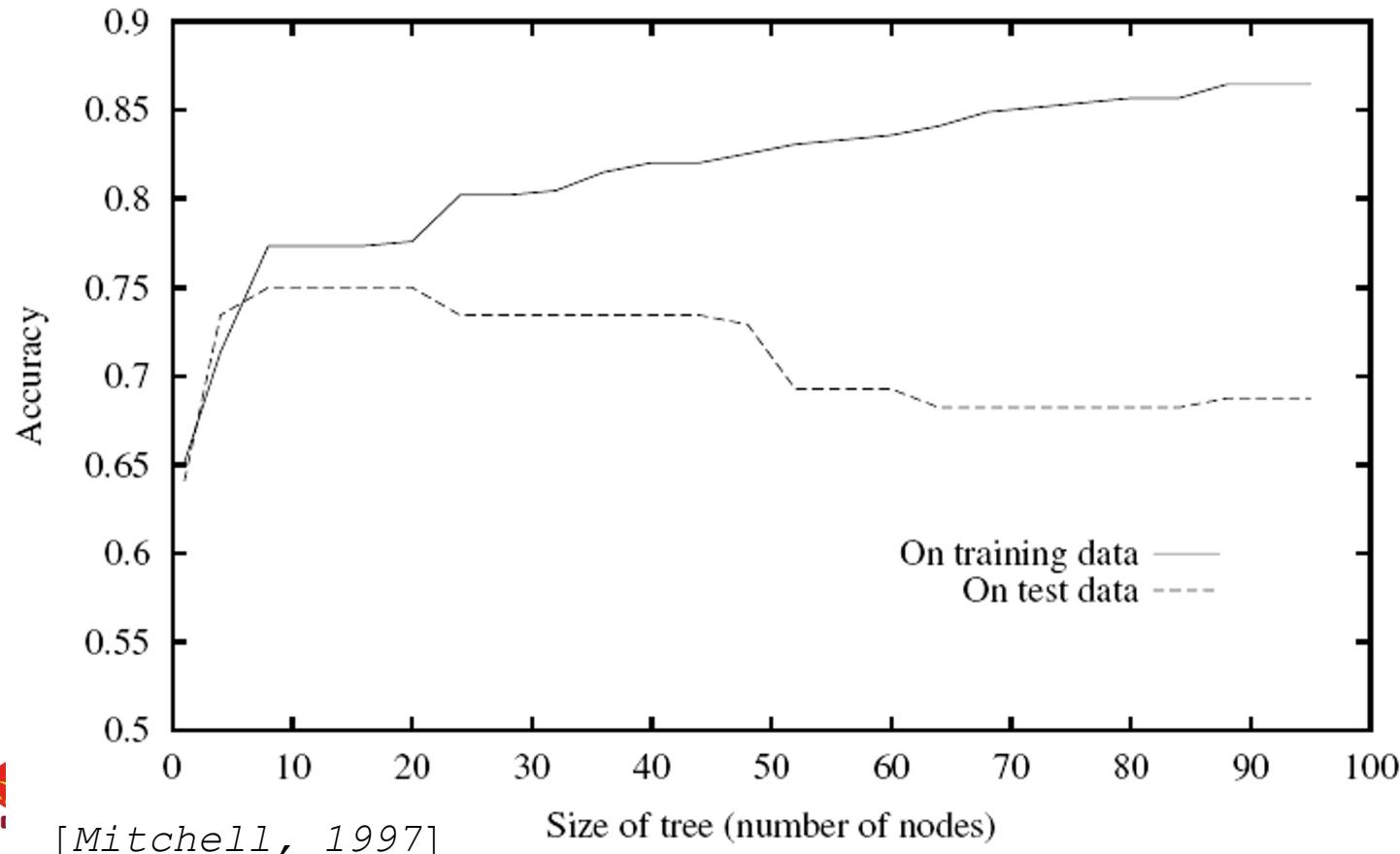
- Hàm  $h$  được gọi là *overfitting* nếu tồn tại hàm  $g$  mà:
  - $g$  có thể tồi hơn  $h$  đối với tập huấn luyện,
  - nhưng  $g$  tốt hơn  $h$  đối với dữ liệu tương lai.
- A learning algorithm is said to overfit relative to another one if it is *more accurate in fitting* known data, but *less accurate in predicting* unseen data.
- Vài nguyên nhân gây ra Overfitting:
  - Hàm  $h$  quá phức tạp
  - Lỗi (nhiều) trong tập huấn luyện (do quá trình thu thập/xây dựng tập dữ liệu)
  - Số lượng các ví dụ học quá nhỏ, không đại diện cho toàn bộ tập (phân bố) của các ví dụ của bài toán học

# Vấn đề overfitting: minh họa



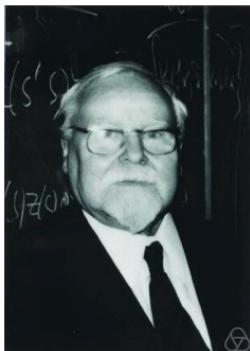
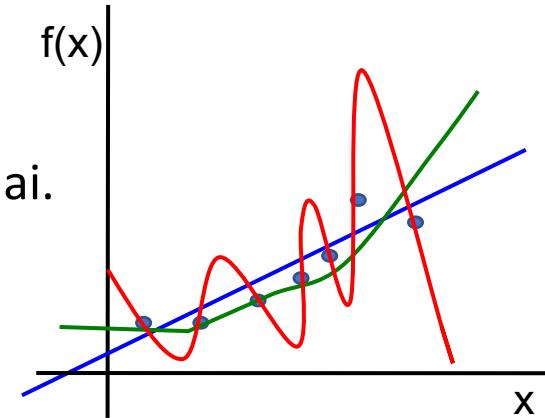
# Overfitting: ví dụ

- Khi tăng cỡ lớn của một Cây quyết định thì chất lượng phán đoán của nó có thể giảm dần, mặc dù độ chính xác trên tập huấn luyện tăng dần

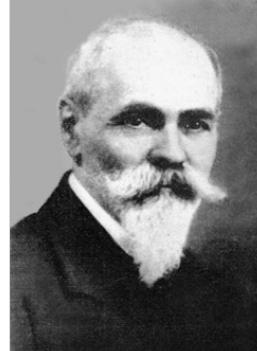


# Overfitting: Regularization

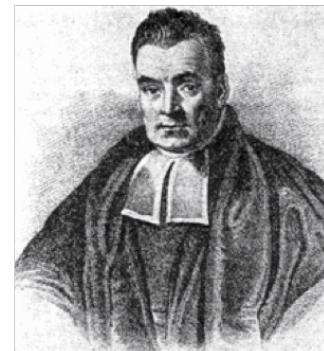
- Trong số rất nhiều hàm thì hàm nào có khả năng tổng quát cao nhất khi học từ tập dữ liệu cho trước?
  - Tổng quát hóa là mục tiêu chính của học máy.*
  - Tức là, khả năng phán đoán tốt với dữ liệu tương lai.
- Hiệu chỉnh (Regularization):** cách dùng phổ biến
  - Là cách hạn chế không gian chứa hàm  $f$ .



Tikhonov,  
smoothing an ill-  
posed problem



Zaremba, model  
complexity  
minimization



Bayes: priors  
over parameters



Andrew Ng: need no  
maths, but it prevents  
overfitting!

# Tài liệu tham khảo

---

- Alpaydin E. (2020). Introduction to Machine Learning. The MIT Press.
- Mitchell, T. M. (1997). Machine learning. *McGraw Hill*.
- Mitchell, T. M. (2006). *The discipline of machine learning*. Carnegie Mellon University, School of Computer Science, Machine Learning Department.
- Simon H.A. (1983). Why Should Machines Learn? In R. S. Michalski, J. Carbonell, and T. M. Mitchell (Eds.): Machine learning: An artificial intelligence approach, chapter 2, pp. 25-38. Morgan Kaufmann.
- Wolpert, D.H., Macready, W.G. (1997), "[No Free Lunch Theorems for Optimization](#)", *IEEE Transactions on Evolutionary Computation* **1**, 67.



25  
YEARS ANNIVERSARY  
**SOICT**

**VIỆN CÔNG NGHỆ THÔNG TIN VÀ TRUYỀN THÔNG**  
SCHOOL OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGY

**Thank you  
for your  
attentions!**

